

# 「シリコン」電動機的设计-小型直流電動機

藤 宗 寛 治

## Data for Silicone Motor Design

### - Direct Current Small Motor -

Hiroharu FUJISO.

The first electrical machine depended on organic insulation, and so do today's machines. Organic varnishes, although measurably improved, have not basically changed.

The new silicone resins bring to insulation the much higher temperature limit of the silicon-oxygen chain as compared to the carbon-to-carbon chain.

The new silicone resins have been tried on many types of apparatus.

The introduction of silicone-resins insulations is a major step forward in electrical apparatus.

Boosting the temperature limit of rotating machines the increase in the output and the decrease in the weight and bulk of them have been significantly allowed.

But it seems there are various questions that must be solved yet pending in the way of manufacture and design etc.

Having reported calculation data for silicone induction motor previously, the writer introduces in this paper some design data for a small direct current silicone motor.

## 梗

## 概

新しい電気絶縁物「シリコン」が発見せられて、電気機器に対する色々の制限の中温度上昇に対する制限が現行の二倍にも緩和されることが予想され一応H種絶縁なる規格が制定されて<sup>(1)</sup> 電気機器製造界に大きな問題を投げかけている。1944年米国のDow-Corning 会社が始めて製品を出して以来<sup>(2)</sup>、従来使用せられていた有機絶縁材料の炭素-炭素の結合よりも珪素-酸素の強い結合を持つ「シリコン」が温度に対して一層安定であると云う理由から急速な研究が進められ<sup>(3)</sup> 戦後は我国においても「シリコン」の製造及その応用が年次報告せられ、一部実用化も散見せられるようになった<sup>(4)</sup>。

併し現状においては「シリコン」そのものの性質が複雑であるばかりでなく 其の電気機器への応用に当つても、成形法や熱処理等の問題を始めとして、工作上、設計上各種の問題が錯綜しているかに見える。

是等一連の諸問題を総合的に検討して行くことは現状から見て徒爾でないと考えるので、筆者は是等を顧慮の下にさきに誘導電動機的设计々算を試みたが<sup>(5)</sup> 今回は更に之を小型直流機に应用した場合の諸関係を考えることとしてその設計々算を行つた。本報告にはその結果の一例を記述した。

設計資料については先賢の設計書の数多を始め製造家の資料等を参照したが記述は「アーノルド」氏に準じた。AT/cm, 電機子線輪端の長さ等設計者によつてかなりの差があるがこゝでは論及しないこととした。

## 第一章「シリコン」電動機的设计

## 1. 要 目

将来の試作其の他を考慮して次の通り決定した。

電圧 100V, 出力 1/2馬力, 回転数 1800, 分巻型, 開放型, 温度上昇限度 200°C,

## 2. 主要寸法の決定

「シリコン」電動機は既存の実例に依ることも難しいし、材料その他の常数もかなり異なるものがあるが一応は既往の成果が何等かの考慮の下には適用できるものとして計算を進めることとした。電動機の出力を KW, 能率を  $\eta$  とすると,  $KW = 0.736 \text{ H.P.}/\eta$ ,  $J = 736 \text{ H.P.}/\eta V$ ,  
こゝに,  $J$  は電動機電流で,  $V$  は端子電圧である。

$$J_a = 2a i_a = 2a\pi D AS, J_a: \text{電機子電流},$$

$$E = pnN\Phi 10^{-8}/60a, \Phi = B_t l b_t, b_t = \alpha_t \pi D/2p,$$

よつて,

$$KVA = J_a E 10^{-3} = 2\pi D A S p n \Phi 10^{-11}/60 = 2\pi D A S n p B_t l \alpha_t \pi D 10^{-11}/2p60 \\ = (D^2 l n) (\alpha_t A S B_t / 6 \cdot 10^9),$$

従て,

$$D^2 l n / KVA = 6 \cdot 10^{11} / \alpha_t A S B_t \quad KVA/n = C D^2 l, C: \text{電機常数}$$

又  $KVA = 2\pi N T_u / 60, T_u: \text{回転力}$

「アーノルド」氏, 「リヒター」氏, 田中竜夫氏, 竹内寿太郎氏等は既存の実例から之等の関係を統計的に示している。

筆者は小型電動機を目的としたので田中竜夫氏の図表を使用して主要寸法決定の基礎とした。

## 3. 電機子鉄心

先ず能率  $\eta = 70\%$  と予定すると, 電機子電流  $J = 5.3 \text{ Amp}$  となるが, 更に能率の低下を予想して,  $J = 6 \text{ Amp}$  として出発することとする。この場合能率は約62%となる。

$$\text{回転力 } T_u = 972 KW/n = 972 \times 0.6/1800, = 0.342 K_g - m,$$

$$\text{電機常数 } MC = K \cdot W \times T_u / n / 60 = 6.16 \times 3.42 \times 10^{-3} = 21.1 \times 10^{-3}$$

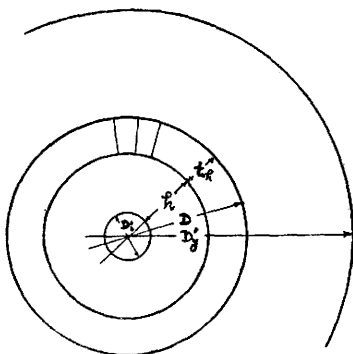
$$\text{田中氏 } \xi_1 \text{ の図より, } \xi_1 = D^2 L / MC \times 10^{-5} = 4$$

之より  $D = L$  として,  $D = 9.55$  を得る。併し次の如き計算を見較べて,

第 一 表	L	D	L/D	2p	$\tau = \frac{\pi D}{2p}$	$b_t = 0.7\tau$	$l/b_t$	$v = \frac{\pi D n}{6000}$
	4.6	7	0.443	4	5.5	3.85	1.2	6.6
	4	75	0.533	4	5.9	4.14	0.968	7.06
	3.5	8	0.438	4	6.3	4.4	0.518	7.55
	3.2	8	0.4	4	6.3	4.4	0.518	7.55

第 1 図

$D = 8 \text{ cm}, L = 3.2 \text{ cm}$  とする。第一図



単重波巻を採用すると,  $2a = 2$  となるから,  $i_a = J/2a = 3 \text{ Amp}$ ,  
導体数  $N = \pi D A S / i_a = 3.14 \times 8 \times 150/3 = 1260$  溝数  $Z = 34$ ,  
毎溝導体数  $1260/34 = 37$ , 巻線の巾  $b_n = 0.78 \times 5 + 0.5 = 4.5$   
m.m, 巻線の高さ  $h_n = 6.3 + 1.25 + 2.8 + 1 = 11.35 \text{ m.m}$ ,  
溝の形及寸法 第二図の通

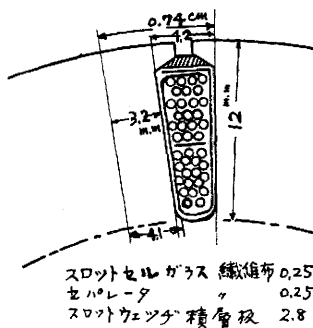
## 4. 界磁鉄心

$$\Phi_b = 10.9 \times 10^4, \Phi_m = J \Phi_b = 1.15 \times 10.9 \times 10^4 = 12.5 \times 10^4,$$

$$B_m = 14,200 \text{ とすると,}$$

$$Q_m = \frac{12.5 \times 10^4}{14,200} = 8.8$$

第 2 図



丸型極として,

$$D_m = 2\sqrt{\frac{Q_m}{\pi}} = 2\sqrt{2.82} = 3.38\text{cm},$$

$$B_m = \frac{1.25 \times 10^4}{8.84} = 14,200, (\text{整流子片数 } K = Z \times u = 34 \times 2 = 68,)$$

整流子ピッチ  $y_k = K - 1/p \approx \text{整数}$ 

$$\text{よつて } y_k = 67 - 1/2 = 33,$$

$$\text{合成ピッチ } y = (2uz - 2x) - 2/2 = (134 - 2) - 2/2 = 66,$$

$$y_f = y_b = y/2 = 66/2 = 33, \quad Y_b = y_b - 1/2u = 33 - 1/4 = 8,$$

よつて遊び線輪 1 素子を設ける。

次に電機子電流密度  $s_a = 5.36 \text{Amp./cm}^2$ , 線輪面積  $q_a = i_a/s_a = 3/5.36 = 0.56$ 線輪直径  $d_a = 0.61 \text{m}$ , 線輪の長  $l_a \approx l_1 + 1.4\tau + 5 = 3.2 + 8.82 + 5 = 17 \text{cm}$ ,誘起反抗起電力は,  $E = E_t - \text{電圧降下} = 100 - 18 = 82 \text{V}$ ,

$$\Phi_b = E \frac{a}{N p n} 10^8 = 82 \times \frac{1}{1260} \times \frac{60}{2 \times 1800} \times 10^8 = 10.9 \times 10^4, \quad B_t = \frac{\Phi_b}{b l_t} = \frac{10.9 \times 10^4}{3.4 \times 3.2} = 1.0 \times 10^4,$$

$$t_1 = \frac{\pi D}{Z} = \frac{3.14 \times 8}{34} = 0.74 \text{cm}, \quad Z_2 = \frac{t_1 B_t}{k_2 B_{\text{sat}}} = \frac{0.74 \times 10,000}{0.9 \times 23,000} = 0.358 \text{cm},$$

$$t_2 = \frac{\pi(8 - 2.4)}{34} = 0.518 \text{cm}, \quad t_2 - Z_2 = 0.518 - 0.358 = 0.16 \text{cm},$$

a) 極片

$$\text{極弧の有効長さ } b_t = \alpha_t \tau = 0.7 \times 6.3 = 4.4 \text{cm}, \quad \text{空隙 } \delta = 0.5 \frac{AS \cdot \tau}{B_t} = 0.5 \times \frac{150 \times 6.3}{10,000} \approx 0.05 \text{cm},$$

依て  $\delta = 1 \text{m}$  とする。

$$k_1 = \frac{t_1}{z_1 + \sqrt{\delta(t_1 - z_1)}} = \frac{0.74}{0.42 + \sqrt{0.1(0.74 - 0.42)}} = 1.22 \quad \text{極片の長さ } l_j = l = 3.2 \text{cm},$$

$$\text{極片の体積 } 3.2 \times 4.4 \times 0.5 = 0.0077 \text{dm}^3,$$

b) 継鉄

$$\text{断面積 } Q_j = Q_m / 2B_j = \frac{12.5 \times 10^4}{2 \times 12000} = 5.2 \text{cm}^2, \quad \text{長さ } q_j = l_j = 4.4 \text{cm},$$

$$D_y' = 1.1 \sim 1.7 \quad D = 15 \text{cm}, \quad t_y = (0.055 \sim 0.065) \quad D_y' \approx 1.2 \text{cm},$$

5. 整流子及刷子

$$\text{数 } K = 67, \quad \text{直径 } D_k = \frac{67 \times (0.3 \sim 0.065)}{\pi} = 7.8 \text{cm}, \quad \text{整流子ピッチ } \beta = \frac{\pi D_k}{K} = \frac{7.8 \times \pi}{67} = 3.65,$$

$$\text{周辺速度 } v_k = \frac{\pi D_k n}{\alpha_t K} = \frac{4 \times 104}{0.65 \times 67} = 7.55 \text{m/sec}, \quad \text{高さ } h_k = 0.2 D_k \approx 1.6 \text{cm},$$

d) 刷子の数

$$\text{数 } p_1 = 2p = 4 \quad \text{桿毎の電流 } \frac{2J}{p_1} = \frac{6 \times 2}{4} = 3 \text{Amp}, \quad b_1 = 0.365 \times 2 = 0.73 \text{cm},$$

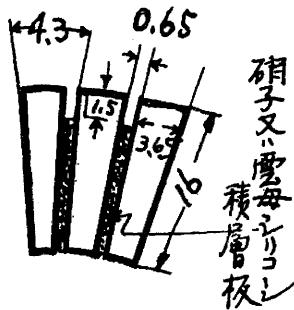
$$l_b = 0.41 \text{cm}, \quad F_b = \frac{2J_a}{S_n} = \frac{2 \times 6}{10} = 1.2 \text{cm}^2 \quad v = l_s = \frac{l_b}{p-1} = l_b = 0.41,$$

$$S_n = \frac{6}{2 \times 0.8} = 10 \text{Amp/cm}^2$$

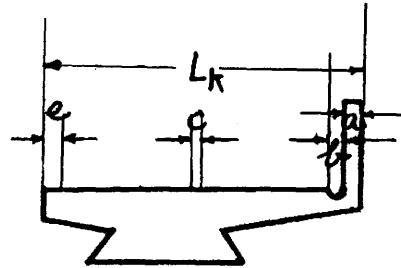
d) 整流子の長さ

$$L_k = n_b (b_1 + c) + a + b + e + g = 1 \times (0.73 \times 0.2) + 0.3 + 0.3 + 0.2 + 0.2 = 1.75 \text{cm},$$

第 3 図



第 4 図



## 6. 磁回路

$$\Phi_b = E \frac{a}{p} \frac{60}{Nn} 10^8 = 10.9 \times 10^4, \quad B_t = \frac{\Phi_b}{b_{il}} = 10,000 \quad B_a = 15,000 \text{ とすると,}$$

$$Q_a = l h k^2 = \frac{10.9 \times 10^4}{2 \times 15,000} = 3.63 \text{ cm}^2, \quad h = \frac{3.63}{3.2 \times 0.9} = 1.26 \text{ cm,}$$

$$Q_a = l h k^2 = 3.2 \times 1.26 \times 0.9 = 3.63 \text{ cm}^2, \quad B_a = \frac{10.9}{2 \times 3.61} = 15,100,$$

## a) 歯の磁束密度

$$B_{ztot} = \frac{t_1 B_t}{k_{z1}} = \frac{0.74 \times 60,000}{0.9(0.358 + 0.16)} = 15,800, \quad B_{zmtt} = \frac{t_1 B_t}{k_{z2m}} = \frac{0.74 \times 10,000}{0.9 \times 0.358} = 23,000,$$

$$B_{zbot} = \frac{t_1 B_t}{k_{z2z}} = \frac{0.74 \times 10,000}{0.9 \times (0.358 \times 2)} = 14,750, \quad k_{ztop} = \frac{l_1 t_1}{l k_{z1}} - 1 = \frac{0.74}{0.9 \times 0.418} - 1 = 0.97,$$

$$k_{zmtt} = \frac{l_1 t_1}{l k_{z2mtt}} - 1 = 2.30 - 1 = 1.3,$$

$$k_{zbot} = \frac{l_1 t_1}{l k_{z2z}} - 1 = \frac{0.74}{0.9 \times 0.558} - 1 = 0.475, \quad B_{zwtot} = B_{ztot} - k_{ztop} \frac{aw_z}{0.8} = 15,800 - 0.97 \frac{10}{0.8} = 15,720,$$

$$B_{zwmitt} = B_{zmtt} - k_{ztop} \frac{aw_z}{0.8} = 23,000 - 1.3 \frac{880}{0.8} = 21,150, \quad B_{zwbott} = 14,750 - 0.475 \times \frac{5}{0.8} = 14,750,$$

## b) 磁路

$$L_j = (D_y' + t_y) \pi \frac{1}{4} - \frac{b_m}{8} \times 6 + \frac{t_y}{2} \pi = (15 + 1.2) \frac{\pi}{4} - \frac{3}{4} 2.92 + 0.6 \pi = 11.42 \text{ cm,}$$

$$L_m = 4.4 \text{ cm,} \quad 2\delta = 0.2 \text{ cm,} \quad L_z = 2.4 \text{ cm,}$$

$$L_a = (D_t + h) \frac{\pi}{4} - \frac{b_m}{8} \times 6 + \frac{h}{2} \pi = 3.14 - 2.19 + 2.5 = 3.45 \text{ cm,}$$

## c) 「アンペアターン」.

$$AW_a = a w_a L_a = 18 \times 3.45 = 62$$

$$B_{zwtot} = 15,720 \quad a w_{ztop} = 28$$

$$B_{zwmitt} = 21,150 \quad a w_{zmtt} = 620$$

$$B_{zwbott} = 14,750 \quad a w_{zbot} = 18$$

$$AW_z = a w_z L_z = 321 \times 1.2 \times 2 = 770$$

$$AW_m = a w_m L_m = 10 \times 4.4 \times 2 = 88$$

$$AW_j = a_w j L_j = 5 \times 1,142 = 57$$

$$AW_l = 1.6 B_l \delta k_1 = 1.6 \times 10,000 \times 0.1 \times 1.22 = 1955$$

$$AW_{kol} = 2932$$

$$AW_{tol} = p AW_{kol} = 2 \times 2932 = 5860$$

$$AW_r = 400$$

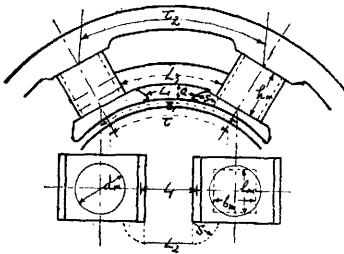
$$\Sigma AW = 6260$$

$$\sigma_b = 1 + \frac{2(AW_l + AW_a + AW_e + AW_r)}{\Phi_b} \Sigma \lambda = 1 + \frac{2(1987) \times 6.2}{10.9 \times 10^4} = 1 + \frac{2.45 \times 10^4}{10.9 \times 10^4} = 1,225$$

d) 無負荷漏洩係数

$$l_p = 3,2^{\text{cm}}, L_1 = 4,1^{\text{cm}}, a_1 = 1^{\text{cm}}, h_m = 4,4^{\text{cm}}, l_m = b_m = 2,92^{\text{cm}}, \tau = 6,3^{\text{cm}},$$

第 5 図



$$L_2 = L_1 + \frac{1}{2} 2\pi S = 4,1 + \pi \times 0,875 = 6,85^{\text{cm}},$$

$$\tau_1 = 6,3 + 2 = 8,3^{\text{cm}}, b_m/2 = 1,46^{\text{cm}},$$

$$\tau_2 = 1/4 D_y' / \pi = 1/4 \times 17 \times \pi = 13,3^{\text{cm}},$$

$$\lambda_1 = \frac{a_1 l_p}{0,8 L_1} = \frac{1 \times 3,2}{0,8 \times 4,1} = 1,00, \lambda_2 = \frac{F_p}{0,8 L_2} = \frac{13,1}{0,8 \times 6,85} = 2,39,$$

$$\lambda_3 = \frac{h_m l_m}{0,8(\tau_1 + \tau_2 - 2b_m)} = \frac{4,4 \times 2,92}{0,8(8,3 + 13,3 - 2 \times 2,92)} = 1,02,$$

$$\lambda_4 = \frac{h_m l_m}{0,8(\tau_1 + \tau_2 - 2b_m + \frac{b_m}{2}\pi)} = \frac{12,85}{0,8(15,75 + 1,46\pi)} = 0,792,$$

$$\Sigma \lambda = \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 = 1 + 2,39 + 1,02 + 0,792 = 6,202,$$

$$\sigma = 1 + \frac{5\delta}{b_l l} \Sigma \lambda = 1 + \frac{5 \times 0,1}{4,4 \times 3,2} = 1,0355 \approx 1,04, \quad \sigma_a \cdot \sigma = 1,01 \times 1,04 = 1,05,$$

7. 界磁線輪

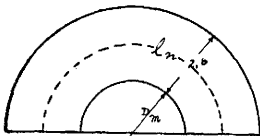
$$l_n \approx \pi(D_m + 1,5) = \pi(3,4 + 1,5) \approx 15,4^{\text{cm}},$$

$$q_n = \frac{(1 + 0,544) \times 6260 \times 15,4 \times 1,1}{5700 \times 100} = 0,287^{\text{m.m.}}, d_n = 0,628^{\text{m.m.}}, i_n = 4,4 \times 0,287 = 1,26^{\text{Amp.}}$$

$$R_n = \frac{1,544 \times 4970 \times 1,54}{5700 \times 0,287} = 72\Omega, W_n = 72 \times 1,26^2 = 114, i_{max} = P/R_n = 100/72 = 1,39^{\text{Amp.}},$$

$$\delta_{nmax} = 1,26/q_n = 1,26/0,287 = 4,4^{\text{Amp./mm}^2},$$

第 6 図



巻線直径を 1mm. (0,628 + 0,33) として,  $0,72^{\text{m.m.}} \times 4970 \approx 3600^{\text{m.m.}^2}$ ,

巻線厚さ  $3600/3,5 \times 4 = 2,6^{\text{cm/pole}}$ ,

a) 冷却面積  $A_n = \pi(3,4 \times 5,2) \times 3,9 + \frac{\pi}{4}(8,6^2 - 3,4^2) = 155^{\text{cm}^2},$

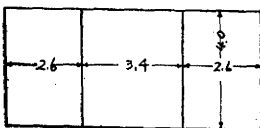
$$pA_n = 2 \times 155 = 310^{\text{cm}^2}, a_m = 310/W_n = 310/114 = 2,72^{\text{cm}^2/\text{watt}},$$

b) 温度上昇

$$T_m = 450/2,72 = 165^{\circ}\text{C},$$

9. 損失

a) 鉄損



## (イ) 電機子体積

$$V_a(D_a^2 - D_i^2)\pi/4lk_2 = (5.6^2 - 1.4^2)\pi/43.2 \times 0.9 = 0.0655 \text{ dm}^3,$$

## (ロ) 歯の体積

$$V_z = Z \times Z_m \frac{1}{2} L_z l k_2 = 34 \times 0.032 \times 12 \times 0.06 \times 0.9 = 0.0596 \text{ dm}^3,$$

## (ハ) 「ヒステリシス」損

$$W_{ha} = \sigma_{zh} f_a (c/100) (B_a/1000)^2 V_a = 0.36 \times 1 \times 1.2 \times 15^2 \times 0.065 = 64 \text{ watt},$$

$$W_{hz} = \sigma_{zh} k_2 (c/100) \left( \frac{B_{z \text{ top}}}{1000} \right)^2 V_z = 0.36 \times 1 \times 1.2 \times 15^2 \times 0.0596 = 6.76 \text{ watt},$$

## (ニ) 渦流損

$$W_{wa} = \sigma_w k_4 \left( 4 \frac{c}{100} \frac{B_a}{1000} \right)^2 V_a = 1.6 \times 1.28 \times 81 \times 0.0655 = 10.9 \text{ watt},$$

$$W_{wz} = \sigma_w k_5 \left( 4 \frac{c}{100} \frac{B_{z \text{ top}}}{1000} \right)^2 V_z f_s = 1.6 \times 149 \times 5.96 \times 10^{-2} = 7.74 \text{ watt}$$

$$W_{wp} = \frac{1}{80\pi} \left( \frac{B_a}{1000} \right)^2 \left( \frac{v}{10} \right)^{1.5} \sqrt{\frac{t_1}{\rho C}} 2p. b. l.,$$

$$= \frac{1}{250} (2.25)^2 (0.755)^{1.5} \sqrt{\frac{0.74}{0.05}} \times 4 \times 4.4 \times 3.2 = 2.34 \text{ watt}$$

$$B_u = (k_1 - 1) B_t = (1.225 - 1) B_t = 2250,$$

$$\text{鉄損の総和} = 1.25 (W_{ha} + W_{wa} + W_{hz} + W_{wz} + W_{wp})$$

$$= 1.25 (6.4 + 6.76 + 10.9 + 7.74 + 2.34) = 42.6 \text{ watt}$$

## b) 銅損

$$W_{ka} = 93.5 \text{ watt}, \quad W_{kz} = \frac{l_1}{l_a} W_{ka} = \frac{3.2}{1.7} W_{ka} = 1.76 \text{ watt}$$

## (イ) 電機子冷却面積

$$A_a = \pi D (l_1 + 2h_1) + \pi D_i l_i + \frac{\pi}{4} (D^2 - D_i^2) (2 + \text{溝数})$$

$$= 25 \times 3.2 + 3.5 + 14.1 + 48.75 \times 2 = 280 \text{ cm}^2$$

$$a_a = \frac{A_a (1 + 0.1v)}{W_{ka} + W_{el}} = \frac{280 \times 1.755}{93.5 + 42.6} = \frac{490}{146.1} = 3.35 \text{ cm}^2/\text{watt}$$

## (ロ) 温度上昇

$$T_a = \frac{500}{3.35} = 150^\circ \text{C},$$

## (ハ) 整流子損失及温度上昇

$$W_n = 2J_a 4P f_u = 2 \times 5.3 \times 1 \times 1.3 = 13.8 \text{ watt} \quad f_u = 1.3, \quad 4P = 1,$$

$$W_r = 9.81 v_k \cdot F_b \cdot g \cdot \rho = 9.81 \times 6.03 \times 1.2 \times 0.14 \times 0.25 = 2.48 \text{ watt}$$

$$a_k = \frac{\pi D_k L_k}{W_u + W_r} (1 + 0.1 V_k) = \frac{\pi \times 7.8 \times 1.75 \times 1.6}{16.28} = 4.2 \text{ cm}^2/\text{watt} \quad T_k = \frac{170 \sim 120}{4.2} = 40^\circ \text{C}$$

(=) 界磁銅損

$$W_n = R_{ni} i_n^2 = 72 \times 1.26^2 = 144 \text{ watt} \quad \text{界磁全損失} \quad W_{nt} = P_{ino} = 100 \times 1.26 = 126 \text{ watt}$$

(ホ) その他の損失

$$W_R = 0.01 \times 6 = 6 \text{ watt}$$

(ヘ) 全負荷損失

$$W_k = W_{ka} + W_a + W_H + W_{nt} = 93.5 + 13.8 + 126 = 233.3 \text{ watt}$$

$$W_{et} = 42.6 \text{ watt}$$

$$W_p = W_r + W_R = 2.48 + 5.3 = 7.78 \text{ watt}$$

$$\Sigma \text{ 損失} \quad W_o = 283.68 \text{ watt}$$

## 10. 能率及能率曲線

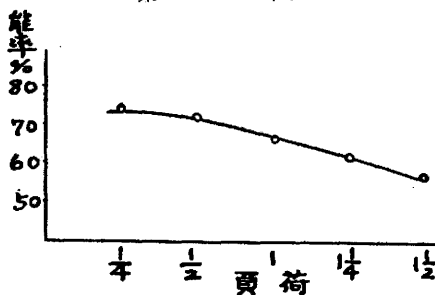
a) 能率

$$\eta = \frac{368 \times 100}{368 + 284} = \frac{368 \times 100}{652} = 66.6\%$$

b) 能率曲線

なお電動機の負荷に対する能率を検討する為に、 $W_{nt}$ ,  $W_{et}$ ,  $W_p$ は負荷に無関係に一定と考え、 $W_u$ は電流に比例し、 $W_{ka}$ ,  $W_H$ 等は二乗に比例して変化するものとする、

第 7 図



負 荷	1/4	1/2	3/4	4/4	5/4	6/4
能 率	74	72.2	69.5	66.6	62.2	56.6

## 11. 重量：—

a) 銅重量,

(イ) 電機子銅

$$G_{ka} = N I_a q_a \times 8.9 \times 10^{-5} = 1260 \times 17 \times 0.53 \times 8.9 \times 10^{-5} = 1.01 \text{ kg},$$

(ロ) 界磁銅

$$G_{km} = \omega_n I_n q_n \times 8.9 \times 10^{-5} = 4970 \times 15.4 \times 0.287 \times 8.9 \times 10^{-5} = 1.955 \text{ kg},$$

$$G_{kR} = G_{ka} + G_{km} = 1.01 + 1.955 = 2.06 \text{ kg}, \quad G_{km}/G_{ka} = 2.06/1.01 \approx 2$$

(ハ) 整流子銅

$$G_{kk} = K (\beta - \delta_i) (L_k + 4) \times h_k \times 8.9 \times 10^{-3} \\ = 67 (3.65 - 0.065) (1.75 + 4) \times 1.6 \times 8.9 \times 10^{-3} = 1.65 \text{ kg},$$

b) 鉄重量

(イ) 電機子鉄

$$G_{ea} = (V_a + V_z) 7.86 = 7.86 \times (0.0655 + 0.0596) = 0.99 \text{ kg},$$

## (ロ) 界磁鉄

$$G_{em}=2pQ_m \times h_m \times 7.86 \times 10^{-3}=4 \times 8.84 \times 4.47 \times 7.86 \times 10^{-3}=1.21\text{kg},$$

## (ハ) 継鉄

$$G_{ej}=Q_j \pi \times D_y' \times 7.86 \times 10^{-3}=5.26 \times \pi \times 116 \times 7.86 \times 10^{-3}=2.08\text{kg},$$

## (ニ) 銅量と鉄量

$$\text{全銅量 } \Sigma G_k=G_{ka}+G_{km}+G_{kk}=1.01+1.95+1.65=3.7\text{kg},$$

$$\text{全鉄量 } \Sigma G_e=G_{ea}+G_{em}+G_{ej}=0.99+1.21+2.08=4.28\text{kg},$$

$$\text{全重量 } \Sigma G_k+\Sigma G_e=3.7+4.28=7.98 \approx 8\text{kg}, (\text{脚なし})$$

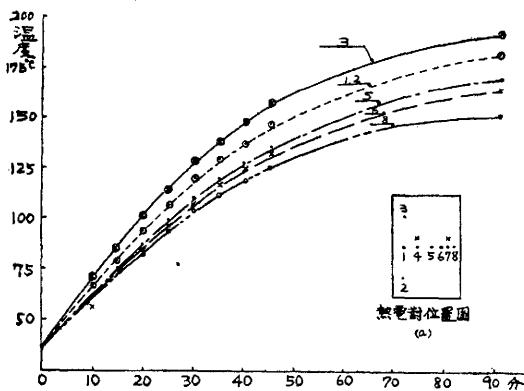
$$\text{銅量/鉄量}=3.7/4.28=0.864,$$

## 第二章 界磁線輪の温度上昇

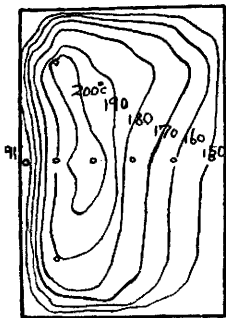
## 1. 温度測定用線輪

第一章において設計した資料の中界磁線輪について 温度上昇並温度分布を実測する目的で第八図<sup>(a)</sup>の如き線輪を製作した。硝子繊維「シリコン」絶縁電線が入手できなかったので測定丈ならば焼付温度

第 8 図 a



第 8 図 b



その他から「エナメル」線で充分と考えられたので 0.6m.m「エナメル」銅線を使用し 0.25m.mの銅一「コンスタンタン」熱電対を「ハンダ」付して巻線時に8個介入させた。「ハンダ」は210°Cで軟化するように鉛量を増したものを特に作った。

## 2. 温度上昇

計算によると界磁線輪の温度上昇は165°Cとなつてゐる。線輪の太さは0.628m.mの処0.6m.mを用い巻回数は1242回を1260回したので完全な資料を得たとはいえないがその結果は第八図の曲線のようなのである。

## 3. 温度分布

熱電対の数など充分得られなかつたので温度分布について所期のものを得られなかつたけれども所請 Hot spot temperature の目安をつけるには充分であらうと思われる。第八図(b)に温度分布を示す。

この場合線輪は空間に吊つたので総冷却面積 24.75cm<sup>2</sup> に対し、入力 は 27V × 1.26A = 34.1watt, watt 当り冷却面積は 3.6温度上昇は450/3.6 = 125°C 若し計算通りの冷却面積をとると之が2.27となり、450/2.27 = 200°Cとなる。

これは更に鉄心を入れ実際に装備したものについて最後の測定並計算を行うことにしている。

## 第三章 結 言

「シリコン」電動機を実現するまでには色々の方面に調査研究しなければならぬ問題があるように見える。本稿では一つの道標的計算を行つたに過ぎぬから更に之は詳細に検討されなければならない。此等について筆者の研究は引き続き進められている。斯界諸賢の御教正を頂ければ幸いである。

本研究に関連して常に御懇篤なる御指導御鞭撻を賜る京大阿部教授、林千博教授に深く感謝し又実験に協力を得た本教室竹内、藤井両君に謝意を表する。



## 参 考 文 献

1. Oburger E.u.M Juni 1953
2. C.A.Scarlott, Dr.R.R.Mcgregor. Westing. Eng. Vol5, Sept 1945
3. T.A.Kanppi, G.Grant, G.L.Moses, R.F.Hornell Westing. Eng. Vol5.Sept 1945
4. 斎藤真喜 「シリコン」絶縁電车用電動機の試作 第26回連合大会論文集 (昭27)
5. 藤宗寛治 三相誘導電動機の特種設計 福井大学研究報告 (昭27)
6. E,Arnold Gleichstrom Maschine I.II.
7. R.Richter Elektrische Maschinen I.
8. Hawkins The Dynamo
9. Hobart Dynamo Design
10. 田中龍夫 電機設計と応用
11. 服部一治 直流機
12. 執行岩根 電気機械設計論 1及3
13. 竹内寿太郎 電気機器設計学
14. マウコウニング会社, 日本珪素樹脂工業株式会社, 信越化学工業株式会社, 日東電気工業株式会社, 住友電気工業株式会社 型録
15. 安川電機, 東芝レヴィユー